

**Фізико-технічні проблеми видобування енергоносіїв**

довищі призводить до зменшення капілярного опору для нафти у системі “нафта-вода”, а інтенсивності коливань, за яких відбувалися зміни параметрів фільтрації у моделі пласта, знаходились у діапазоні 0,01 – 0,12 Вт/см<sup>2</sup>. Розходження результатів експериментів із результатами, представленими у [8], можна пояснити впливом масштабного фактора. Результати досліджень будуть використані в процесі розроблення нових технологій і обладнання для підвищення нафтовилучення із пластів.

**Література**

- 1 Бойко В.С. Розробка та експлуатація нафтових родовищ: Підручник. – 3-є доповнене видання. – К.: «Реал-Принт», 2004. – 695с.
- 2 Гадиев С.М. Использование вибрации в добыче нефти. – М.: Недра, 1977. – 154 с.
- 3 Гадиев С.М. Использование гидравлических золотниковых вибраторов для обработки скважин // Нефтяное хозяйство. – 1972. – №2. – С. 42-45.
- 4 Валиуллин А.В., Максutow Р.А., Доброскок Б.Е. и др. Некоторые особенности технологии виброобработки продуктивного пласта // РНТС. Сер. Нефтепромысловое дело. – 1973. – №11. – С. 13-16.

5 Галлямов М.Н., Ахметшин Э.А. Мавлютов М.Р. и др. Исследование воздействия виброударных волн на призабойную зону эксплуатационных и нагнетательных скважин // Нефтяное хозяйство. – 1970. – №8. – С. 46-49.

6 Аметов И.М., Байдуков Ю.Н., Рузин Л.М., Спиридонов Ю.А. Добыча тяжелых и высоковязких нефтей. – М.: Недра, 1985. – 205 с.

7 Яковлев В.Ф. Курс физики. Теплота и молекулярная физика. – М.: Просвещение, 1976. – 215 с.

8 Кузнецов О.Л., Єфімова С.А. Применение ультразвука в нефтяной промышленности. – М.: Недра, 1983. – 172 с.

9 Дроздов А.Н., Ламбин Д.Н., Молчанов А.Г. и др. Техника для вибросейсмохимического воздействия на призабойную зону // Территория нефтегаз. – 2007. – №2 – С. 44-45.

10 Потапов Г.А., Правдухин В.М. Оценка эффективности воздействия мощного низкочастотного акустического излучения на призабойную зону // Нефтяное хозяйство. – 2000. – №9. – С. 82-83.

11 Дыбленко В.П., Камалов Р.Н. и др. Повышение продуктивности и реанимация скважин с применением виброволнового воздействия. – М.: Недра, 2000. – 41 с.

УДК 622.275.53.054.22

## ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ВИСОТИ ПІЩАНОЇ ПРОБКИ У ФІЛЬТРОВІЙ ЗОНІ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СВЕРДЛОВИНИ

**Б.В.Копей, О.О.Кузьмін**

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42166,  
e-mail: [kopeyb@nuing.edu.ua](mailto:kopeyb@nuing.edu.ua)

*Для обеспечения полного выноса песка из фильтровой зоны скважины следует обеспечить определенную скорость движения жидкости на поверхность, что не всегда удается, так как скорость вынесения частиц определяет дебит скважины. За предлагаемыми формулами можно рассчитать высоту песчаной пробки, при которой эффективность работы скважины не изменится, что позволит своевременно принимать правильные и обоснованные решения при проведении инженерных расчетов режима эксплуатации скважины.*

Під час експлуатації нафтових і газових пластів, складених сипкими пісками або слабкоцементованими пісковиками, у свердловину разом з нафтою і газом може поступати велика кількість піску.

Одноєю з найважливіших причин, що спричиняє зменшення дебіту свердловини, а також зменшення міжремонтного періоду через зношування вузлів свердловинного насосного устаткування, є винесення разом з продукцією свердловини піску та механічних домішок.

*For providing of complete bearing-out of sand from the filter area of oilwell it is needed to provide the certain rate of movement of liquid on a surface, that is not always succeeded, in fact speed of taking away of particles determines the debit of oilwell. After the offered formulas it is possible to expect the height of sandy plug which efficiency of work of oilwell will not change at, that will give possibility in good time to adopt correct decisions at conducting of engineering calculations in relation to the mode of exploitation of oilwell.*

Для прийняття вірних інженерних та технологічних рішень важливо правильно оцінити існуючий стан привибійної зони, а особливо зони фільтрації свердловини.

Для цього необхідно узагальнити існуючі теорії руху газорідної суміші у фільтровій зоні, через призму руху піску в межах фільтра (перфорованої труби) свердловини.

Для винесення піску із вибою на поверхню необхідно створити достатньо високі швидкості руху рідини в стовбурі свердловини [1]. Припу-

скаємо, що отвори припливу рідини на свердловинному фільтрі розміщені рівномірно. Тоді витрату рідини через фільтр запишемо:

$$q(z) = q_0 \cdot \frac{z}{h},$$

де:  $h$  – загальна довжина перфорованої труби;  $q_0$  – витрата рідини в кінці фільтра за  $z=h$  (дебіт свердловини);  $z$  – вертикальна координата, яка відраховується від підшови пласта.

Швидкість руху рідини можемо записати як:

$$w_p = w_0 \cdot \frac{z}{h},$$

$$w_0 = \frac{q_0}{F},$$

де  $F$  – площа поперечного перерізу перфорованої труби.

Швидкість руху висхідного потоку рідини чи газу в стовбурі свердловини у межах від нижніх до верхніх отворів перфорації зростає від нуля ( $z=0$ ) до максимального значення  $w_{\max}$  ( $z=h$ ), яка і буде відповідати дебіту свердловини [2]. На деякій висоті вона стає рівною критичній швидкості, яку називають швидкістю псевдорозрідження або зависання частинок  $w_z$ , а вище – швидкості винесення  $w_e$ . Таким чином, нижче рівня швидкості зависання  $w_z$  у стовбурі може існувати тільки насипний шар піску, від рівня  $w_z$  до рівня  $w_e$  – псевдорозріджений шар, а вище рівня швидкості  $w_e$  піщинки виносяться разом з рідиною.

Оскільки піщана пробка в інтервалі її знаходження може зменшувати величину припливу рідини чи газу з цього інтервалу в декілька разів (особливо у разі поширеного залягання порід), то швидкість потоку рідини через пробку буде зменшуватися. Отже значення рівнів  $w_z$  та  $w_e$  буде переміщуватися угору, а це значить, що буде збільшуватися піщана пробка у зоні фільтра. Тобто за таких умов експлуатації свердловин частина піску не виноситься на поверхню, а осаджується в свердловині, висота піщаної пробки збільшується, а дебіт свердловини відповідно зменшується, оскільки погіршуються умови для винесення піску на поверхню.

Основною умовою винесення піску на поверхню є:

$$\frac{z_{кр}}{h} = \frac{w_z}{w_0}.$$

Якщо врахувати, що свердловина працює без впливу піщаної пробки, то  $w_z = w_0$ . Це значить, що найбільшу висоту піщаної пробки, котра не вплине на роботу свердловини, можна знайти із співвідношення:

$$\frac{z_{кр}}{h} = \frac{w_z}{w_e}.$$

Для знаходження швидкості відносного руху піску в рідині, для різних значень коефіцієнта пористості псевдорозрідженого стану  $m_n$  ( $m_n = 1 - \varphi = 1$ , де  $\varphi$  – дійсний об'ємний вміст піску в рідині):

$$R_e = \frac{A_r m_n^{4.75}}{18 + 0.6 \sqrt{A_r m_n^{4.75}}},$$

при  $m_n = 0,4$  можемо визначити  $w_z$ :

$$R_e = \frac{A_r}{1400 + 5.22 \sqrt{A_r}},$$

при  $m_n = 1$  можемо визначити  $m_e$ :

$$R_e = \frac{A_r}{18 + 0.6 \sqrt{A_r}},$$

де:  $R_e$  – число Рейнольдса,  $A_r$  – число Архімеда.

$$R_e = \frac{w d_q}{\nu},$$

$$A_r = \frac{g d_q^3}{\nu^2} \left( \frac{\rho_q}{\rho} - 1 \right).$$

де:  $d_q$ ,  $\rho_q$  – діаметр і густина частинки піску,  $\rho$ ,  $\nu$  – густина і кінематична в'язкість рідини,  $g$  – прискорення вільного падіння.

Запишемо формулу для визначення макси-

мальної величини піщаної пробки  $\frac{z_{кр}}{h}$ , за якої

робота свердловини не зміниться, для великих частинок піску (коли  $A_r < 10^4$  у турбулентній області), з огляду на гранулометричний склад піску свердловин Долинського нафтопромислового району:

$$\frac{z_{кр}}{h} \leq \frac{0.6 \sqrt{A_r}}{5.22 \sqrt{A_r}}.$$

Швидкість винесення піщинок виражається формулою:

$$w_e = \frac{\nu}{d_q} \frac{A_r}{18 + 0.6 \sqrt{A_r}},$$

а цій швидкості відповідає дебіт свердловини:

$$Q = w_e F.$$

Зведемо в таблицю 1 отримані розрахунки та вихідні дані по п'ятих свердловинах Північно-Долинського родовища, використовуючи наведені вище формули.

Проілюструємо графічно (рис. 1) залежність необхідної величини швидкості потоку рідини від діаметра частинок піску, що нею виноситься.

Отже, для забезпечення повного винесення піску із фільтрової зони свердловини потрібно забезпечити певну швидкість руху рідини на поверхню, що не завжди вдається, адже швидкість винесення частинок визначає дебіт свердловини.

Таблиця 1 — Аналіз отриманих результатів

№ св.	Інтервал перфорації	Діаметр обсадної колони, мм	Вміст піску у продукції свердловини, г/л	Дебіт свердловини, т/добу	Максим. діаметр винесених частинок, мм	Критична висота піщаної пробки, м	Необхідна швидкість винесення частинок, м/с
15	п.2855-2715	132	1,314	28	0,8	16,1	0,085
24	п.3015-2869	132	1,312	21,5	0,77	16,79	0,08
35	п.2775-2731	132	1,28	80	0,65	5,06	0,063
38	п.5018-4680	132	1,22	56	0,5	38,87	0,042
101	п.2888-2706	132	1,34	95	0,59	20,93	0,054

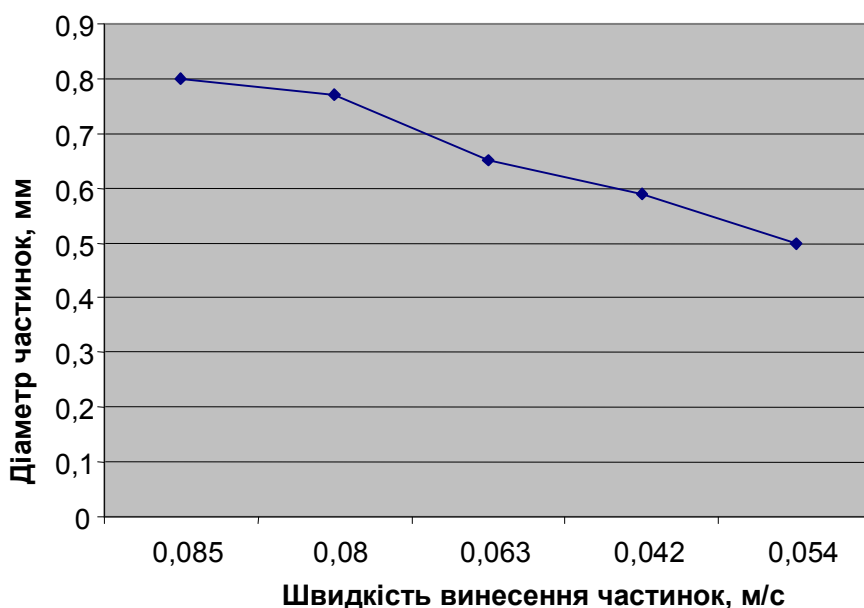


Рисунок 1 — Діаграма залежності швидкості винесення частинок від їх діаметра

За наведеними формулами можна розрахувати висоту піщаної пробки, за якої ефективність роботи свердловини не зміниться, що дасть змогу своєчасно приймати правильні та обґрунтовані рішення під час проведення інженерних розрахунків щодо режиму експлуатації свердловини.

#### Література

- 1 Бойко В.С. Підземна гідромеханіка. — Київ: ІСДО, 1995. — 288 с.
- 2 Бойко В.С., Франчук І.А., Іванов С.І., Бойко Р.В. Експлуатація свердловин у нестійких колекторах: Монографія. — Київ: ІСДО, 2004. — 400 с.